

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

⑤

Int. Cl. 2:

**G 01 L 3/02**

⑯ **BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND**

G 01 L 5/00

B 66 C 15/00

**DEUTSCHES**



**PATENTAMT**

**DE 28 39 531 A 1**

⑪

# **Offenlegungsschrift 28 39 531**

⑫

Aktenzeichen:

P 28 39 531.5

⑬

Anmeldetag:

11. 9. 78

⑭

Offenlegungstag:

20. 3. 80

⑳

Unionspriorität:

⑳ ㉑ ㉒

⑤④

Bezeichnung:

Torsionsmeßeinrichtung

⑦①

Anmelder:

Fried. Krupp GmbH, 4300 Essen

⑦②

Erfinder:

Bohlken, Rolf, 2940 Wilhelmshaven

**DE 28 39 531 A 1**

A n s p r ü c h e :

1. Meßeinrichtung zum Erfassen von auf einen Körper einwirkenden Torsionskräften, dadurch gekennzeichnet, daß wenigstens ein Maser, insbesondere Laser oder Iraser und wenigstens zwei Sensoren (2) vorgesehen sind, wobei die Sensoren (2) an dem Körper (1) so angeordnet sind, daß Sie durch eine Verdrehung des Körpers (1) aus ihrer ursprünglichen Lage zum Sender (3) bewegt werden.
2. Torsionsmeßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vier Sensoren (2a, 2b, 2c, 2d; 2m, 2n, 2o, 2p) vorgesehen sind, die in zwei senkrecht zur Torsionsachse (4; 4c) des Körpers (1; 10) stehenden Ebenen sowie im gleichen Abstand von der Torsionsachse (4; 4c) am Körper (1; 10) angeordnet sind, wobei jeweils zwei einander bezüglich der Torsionsachse (4; 4c) symmetrisch gegenüberliegende Sensoren (2a, 2b; 2c, 2d; 2m, 2n; 2o, 2p) ein Sensorpaar bilden, und daß ein Lasersender (3; 3c) vorgesehen ist, der möglichst nahe an oder in der Torsionsachse (4; 4c) angeordnet ist und ebene, gefächerte Strahlen aussendet.
3. Torsionsmeßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vier Sensoren (2e, 2f, 2g, 2h) vorgesehen sind, die in zwei zur Torsionsachse (4a) des Körpers (1a) parallelen Ebenen sowie im gleichen Abstand von der Torsionsachse (4a) und symmetrisch bezüglich dieser am Körper (1a) angeordnet sind, wobei jeweils zwei Sensoren (2e, 2f; 2g, 2h) ein Sensorpaar bilden, und daß ein Lasersender (3a) vorgesehen ist, der ebene, gefächerte Strahlen aussendet.

4. Torsionsmeßeinrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß vier Sensoren (2i, 2j, 2k, 2l) vorgesehen sind, die in zwei verschiedenen zur Torsionsachse (4b) des Körpers (1b) senkrechten Ebenen an diesem angeordnet sind, wobei jeweils die Sensoren (2i, 2j; 2h, 2l) aus der gleichen Ebene gleichen Abstand von der Torsionsachse (4b) aufweisen und ein Sensorpaar bilden, daß ein Lasersender (3b) vorgesehen ist, der möglichst nahe an oder in der Torsionsachse (4b) angeordnet ist und ebene, gefächerte Strahlen aussendet, und daß einem der Sensorpaare (2i, 2j; 2k, 2l) ein Korrekturglied (5l) nachgeschaltet ist, das das gelieferte Meßsignal mit einem Sensorabstandsdifferenzfaktor multipliziert.
5. Torsionsmeßeinrichtung nach Anspruch 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Sensorpaare mit jeweils einem Differenzwertbildner (5ab, 5cd; 5ef, 5gh) und diese beiden Differenzwertbildner (5ab, 5cd; 5ef, 5gh) mit einem weiteren Differenzwertbildner (6; 6a) verbunden sind, der ausschließlich die Größe der Torsionskraft als Istwert liefert.
6. Torsionsmeßeinrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß jeder Sensor (2a, 2b, 2c, 2d; 2e, 2f, 2g, 2h; 2i, 2j, 2k, 2l; 2m, 2n, 2o, 2p) mit mehreren Sensorelementen (7a, 7b) und einer Codiereinrichtung (8a, 8b, 8c, 8d) zur Unterscheidung ihrer Signale ausgestattet ist.
7. Torsionsmeßeinrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Meßoberflächen der Sensorelemente (7a, 7b) kreisförmig und in Richtung ihrer Bewegung bei

einer Verdrehung des Körpers (1, 1a, 1b; 10) so angeordnet sind, daß immer wenigstens eines der Sensorelemente (7a, 7b) jedes Sensors (2a, 2b, 2c, 2d; 2e, 2f, 2g, 2h; 2i, 2j, 2k, 2l; 2m, 2n, 2o, 2p) bei einem Meßvorgang von den Strahlen getroffen wird.

8. Torsionsmeßeinrichtung nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß sie als Istwertgeber Bestandteil einer Regeleinrichtung ist, die die gemessene Torsionskraft zur Bildung der Stellgröße verwertet, die eine Rückdrehung des Körpers (1, 1a, 1b; 10) bewirkt, so daß die tatsächliche Verdrehung des Körpers (1, 1a, 1b; 10) einen bestimmten kleinen Wert nicht überschreitet.
9. Regeleinrichtung zur Geradlaufsicherung für einen Laufkran, der mit einer Feststütze und einer Pendelstütze ausgestattet ist, nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die vier Sensoren (2m, 2n, 2o, 2p) zur Ermittlung der auf die Feststütze (10) wirkenden Torsionskräfte an der Feststütze (10) befestigt sind, wobei zwei der Sensoren (2m, 2n) am unteren Endstück der Feststütze (10) und die anderen zwei Sensoren (2o, 2p) etwa in halber Höhe der Feststütze (10) angeordnet sind, daß der Lasersender (3c) am oberen Endstück der Feststütze (10) angeordnet ist und daß der zum Verfahren der Pendelstütze (9) dienende Antrieb mittels der Sensoren (2m, 2n, 2o, 2p) so gesteuert ist, daß die von der Pendelstütze (9) auf die Feststütze (10) einwirkenden Torsionskräfte einen vorbestimmten kleinen Wert nicht überschreiten.
10. Regeleinrichtung zur Geradlaufsicherung für einen Laufkran, nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß eine Sicherheitseinrichtung (12) vorgesehen ist, die eingangs-

2839531

4

seitig mit den Sensoren (2m, 2n, 2o, 2p) und dem Ausgang des den Istwert liefernden Differenzwertbildners (6c) verbunden ist, und die die gelieferten Signale im Hinblick auf Fehler untersucht und dann, wenn ein Logikfehler vorliegt oder wenn ein bestimmter Schwellwert überschritten wird, den Antrieb stillsetzt.

FRIED. KRUPP GESELLSCHAFT MIT  
BESCHRÄNKTER HAFTUNG in Essen

Torsionsmeßeinrichtung

Die Erfindung betrifft eine Meßeinrichtung zum Erfassen von auf einen Körper einwirkenden Torsionskräften.

- Es ist bekannt, zur Messung von auf einen Körper einwirkenden Torsionskräften einen Laser als Strahlungsquelle, einen Strahlungsdetektor als Strahlungsempfänger und einen Reflektor einzusetzen, wobei die Strahlungsquelle sowie der Strahlungsdetektor ortsfest sind und der Reflektor auf dem Körper befestigt ist. Der Reflektor wird bei einer Verdrehung des Körpers aus seiner ursprünglichen Lage bewegt, so daß sich die Entfernung Strahlungsquelle zum Reflektor und Reflektor zum Strahlungsdetektor verändert, wodurch sich auch die Laufzeit des von dem Laser ausgesendeten Laserstrahls verändert. Diese Laufzeit wird von dem mit der Strahlungsquelle gekoppelten Strahlungsdetektor ermittelt und gilt als Maß für die Torsionskraft. Dabei ist nachteilig, daß ein aufwendiger, teurer Strahlungsdetektor eingesetzt werden muß. Ferner kann bei Auftreten von beispielsweise auf den Körper einwirkenden Biegekräften und dadurch bedingten zusätzlichen Abstandsänderungen die jeweilige tatsächliche Torsionskraft nicht mehr genau ermittelt werden.

- Ferner ist zur Messung von Kräften bekannt, einen Laser als Strahlungsquelle und einen Quadrantendetektor als Strahlungsempfänger einzusetzen, wobei die Strahlungsquelle ortsfest und der Quadrantendetektor auf dem Körper befestigt ist.

- Hierbei ermittelt der Quadrantendetektor bei einer Lage-  
änderung die Verschiebungen gegenüber der Strahlungs-  
quelle quer zur Verbindungslinie zwischen dieser und dem  
Quadrantendetektor. Dabei ist nachteilig, daß ein auf-  
5 wen-diger, teurer Quadrantendetektor eingesetzt werden  
muß und daß die Torsionskraft bei gleichzeitigem Auftre-  
ten von auf den Körper einwirkenden Biegekräften wohl  
kaum ermittelt werden kann, und wenn, dann müßte eine  
aufwendige elektronische Schaltung eingesetzt werden.
- 10 Ferner kann, wenn beispielsweise sich der Körper durch  
Wärme ausdehnt und somit die Entfernung Strahlungsquelle  
und Quadrantendetektor sich verändert, die Torsionskraft,  
da sich die ursprüngliche Winkellage zwischen Laserstrahl  
und dem Quadrantendetektor verändert, nicht mehr genau  
15 ermittelt werden.

- Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Torsions-  
meßeinrichtung zu schaffen, die mit einfachen sowie han-  
delsüblichen Geräten aufgebaut zu sein braucht und die  
die Torsionskraft ohne großen Geräteaufwand ermitteln  
20 kann.

- Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß bei  
einer Torsionsmeßeinrichtung der eingangs genannten Art  
ein Maser, insbesondere Laser oder Iraser, und wenigstens  
zwei Sensoren vorgesehen sind, wobei die Sensoren an dem  
25 Körper so angeordnet sind, daß sie durch eine Verdrehung  
des Körpers aus ihrer ursprünglichen Lage zum Sender be-  
wegt werden. Dadurch wird insbesondere erreicht, daß eine  
genaue Messung der Torsionskraft für alle Betriebszustän-  
de ermöglicht wird.



Vorteilhaft ist es, wenn vier Sensoren vorgesehen sind, die in zwei senkrecht zur Torsionsachse des Körpers stehenden Ebenen sowie im gleichen Abstand von der Torsionsachse am Körper angeordnet sind, wobei jeweils  
5 zwei einander bezüglich der Torsionsachse symmetrisch gegenüberliegende Sensoren ein Sensorpaar bilden, und daß ein Lasersender vorgesehen ist, der möglichst nahe an oder in der Torsionsachse angeordnet ist und ebene, gefächerte Strahlen aussendet, denn es können handels-  
10 übliche Sensoren eingesetzt werden und eine etwaige Vibration des Körpers kann zu keiner Torsionsmeßverfälschung führen.

Vorteilhaft ist es auch, wenn vier Sensoren vorgesehen sind, die in zwei zur Torsionsachse des Körpers paralle-  
15 len Ebenen sowie im gleichen Abstand von der Torsionsachse und symmetrisch bezüglich dieser am Körper angeordnet sind, wobei jeweils zwei Sensoren ein Sensorpaar bilden, und daß ein Lasersender vorgesehen ist, der ebene, gefächerte Strahlen aussendet, denn die Torsionskräfte,  
20 die beispielsweise auf einen eine kurze Torsionsachse aufweisenden Körper einwirken, können genau ermittelt werden.

Außerdem ist es auch vorteilhaft, wenn vier Sensoren vorgesehen sind, die in zwei verschiedenen zur Torsionsachse  
25 des Körpers senkrechten Ebenen an diesem angeordnet sind, wobei jeweils die Sensoren aus der gleichen Ebene gleichen Abstand von der Torsionsachse aufweisen und ein Sensorpaar bilden, wenn ein Lasersender vorgesehen ist, der möglichst nahe an oder in der Torsionsachse angeordnet ist,  
30 und ebene, gefächerte Strahlen aussende, und wenn einem der Sensorpaare ein Korrekturglied nachgeschaltet ist, das das gelieferte Meßsignal mit einem Sensorabstandsdifferenzfaktor multipliziert, denn die Torsionskräfte, die beispiels-

weise auf einen dreisternförmigen Körper einwirken, können einfach ermittelt werden.

In zweckmäßiger Weise sind die beiden Sensorpaare mit jeweils einem Differenzwertbildner und diese beiden Differenzwertbildner mit einem weiteren Differenzbildner verbunden, der ausschließlich die Größe der Torsionskraft als Istwert liefert. Dadurch wird mit einfachen Mitteln erreicht, daß, wenn beispielsweise sich der Lasersender verstellt und somit sich die Fächerneigung der Strahlen verändert, auch die Torsionskraft ermittelt werden kann.

Für die genaue Lageermittlung jedes Sensors durch den maßgebenden Sensor und zur genauen Messung der jeweils maßgebenden Torsionskraft ist jeder Sensor mit mehreren Sensorelementen und einer Codiereinrichtung zur Unterscheidung ihrer Signale ausgestattet. Durch die Codiereinrichtung ist mit einfachen Mitteln eine Anordnung der Lage des jeweiligen Sensors und des jeweils gelieferten Meßergebnisses festgelegt.

Günstig ist weiter, wenn die Meßoberflächen der Sensorelemente kreisförmig und in Richtung ihrer Bewegung bei einer Verdrehung des Körpers so angeordnet sind, daß immer wenigstens eines der Sensorelemente jedes Sensors bei einem Meßvorgang von den Strahlen getroffen wird, denn es können handelsübliche Sensoren eingesetzt und ein etwaiger an einem der Sensoren auftretender Gerätefehler kann leicht festgestellt werden.

In einem weiteren Schritt der vorliegenden Erfindung wird vorgeschlagen, die Torsionsmeßeinrichtung als Istwertgeber in eine Regeleinrichtung einzusetzen, wobei die Regel-

einrichtung die gemessene Torsionskraft zur Bildung der  
Stellgröße verwertet und eine Rückdrehung des Körpers  
bewirkt, so daß die tatsächliche Verdrehung des Körpers  
einen bestimmten kleinen Wert nicht überschreitet. Da-  
5 durch ist beispielsweise gewährleistet, daß der Körper  
durch Torsionskräfte nicht überlastet wird.

Gemäß einem weiteren Schritt der vorliegenden Erfindung  
wird die Regeleinrichtung zur Geradlaufsicherung für  
einen Laufkran eingesetzt, der mit einer Feststütze und  
10 einer Pendelstütze ausgestattet ist und bei dem die vier  
Sensoren zur Ermittlung der auf die Feststütze wirkenden  
Torsionskräfte an der Feststütze befestigt sind, wobei  
zwei der Sensoren am unteren Endstück der Feststütze und  
die anderen zwei Sensoren etwa in halber Höhe der Fest-  
15 stütze angeordnet sind, und bei dem der Lasersender am  
oberen Endstück der Feststütze angeordnet ist und der zum  
Verfahren der Pendelstütze dienende Antrieb mittels der  
Sensoren so gesteuert ist, daß die von der Pendelstütze  
auf die Feststütze einwirkenden Torsionskräfte einen vor-  
20 bestimmten kleinen Wert nicht überschreiten. Dadurch ist  
gewährleistet, daß Verbiegungen der Feststütze, die bei-  
spielsweise durch Beschleunigungen von auf dem Brücken-  
träger verfahrbaren Laufkatzen oder Beschleunigungen des  
Laufkrans oder Erwärmungen der Feststütze hervorgerufen  
25 werden können, zu keiner Verfälschung der Torsionsmes-  
sung führen, wodurch der Gleichlauf sichergestellt ist  
und somit ein Verschleiß an den Laufrädern nicht auftritt,  
insbesondere auch dann, wenn die Pendelstütze wahlweise  
an unterschiedlichen Stellen mit dem Brückenträger verbun-  
30 den wird.

Zweckmäßig ist es dabei, wenn eine Sicherheitseinrichtung vorgesehen ist, die eingangsseitig mit den Sensoren und dem Ausgang des den Istwert liefernden Differenzwertbildners verbunden ist, und die die gelieferten Signale im Hinblick auf Fehler untersucht und  
5 dann, wenn ein Logikfehler vorliegt oder wenn ein bestimmter Schwellwert überschritten wird, den Antrieb stillsetzt, denn dadurch bleibt beispielsweise auch bei Auftreten eines Meß- oder Signalverarbeitungsfehlers die Feststütze immer nahezu torsionsfrei.  
10

Mehrere Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschreiben.

Es zeigen:

- 15 Fig. 1 bis 3 eine auf einem quaderförmigen Körper angeordnete mit einem Lasersender, der gefächerte Strahlen aussendet, und vier Sensoren ausgestattete Torsionsmeßeinrichtung in Vorderansicht (Fig. 1), in  
20 Draufsicht (Fig. 2) und in Seitenansicht (Fig. 3),
- Fig. 4 die Seitenansicht der Torsionsmeßeinrichtung, wobei der Lasersender so verstellt ist, daß die Fächerneigung der Strahlen  
25 nicht mehr parallel zur Horizontalen ist,
- Fig. 5 die Vorderansicht der Torsionsmeßeinrichtung, wobei der Lasersender so verstellt ist, daß die Fächerrichtung der Strahlen nicht mehr parallel zur Horizontalen ist,

- Fig. 6           einen eine kurze Torsionsachse aufweisenden Körper in Draufsicht mit der Geräteanordnung der Torsionsmeßeinrichtung,
- 5   Fig. 7.       einen gabelförmigen Körper in Draufsicht mit der Anordnung der Geräte der Torsionsmeßeinrichtung,
- Fig. 8           einen Blockschaltplan der Torsionsmeßeinrichtung gemäß Fig. 1 bis 6,
- 10   Fig. 9       einen Blockschaltplan der Torsionsmeßeinrichtung gemäß Fig. 7,
- Fig. 10           einen mit Sensorelementen ausgestatteten Sensor in Vorderansicht,
- 15   Fig. 11 und 12 die Geräteanordnung der Torsionsmeßeinrichtung bei einem in Vorderansicht bzw. Seitenansicht schematisch dargestellten Laufkran und
- Fig. 13           einen Blockschaltplan einer Regeleinrichtung zur Geradlaufsicherung des Laufkran.
- 20

Gemäß Fig. 1 bis Fig. 5 sind auf dem Körper 1 vier Sensoren 2a, 2b, 2c, 2d und ein Lasersender 3 befestigt. Die Sensoren 2a, 2b, 2c, 2d sind von der in Fig. 1, 2 und 5 jeweils durch eine strichpunktierte Linie angedeutete

25   Torsionsachse 4 des Körpers 1 abstandsgleich entfernt, wobei zwei der Sensoren 2a, 2b gemäß Fig. 2 auf dem rechten Endstück sowie mit gleichem Abstand von der rechten

Außenkante des Körpers 1 und die anderen zwei Sensoren 2c, 2d etwa ein Drittel von der linken Außenkante des Körpers 1 auf diesem angeordnet sind. Die Sensoren 2a, 2b; 2c, 2d, die bezüglich der Torsionsachse 4 einander symmetrisch gegenüberliegen, bilden jeweils ein Sensorpaar. Der Lasersender 3 ist gemäß Fig. 2 auf dem linken Endstück des Körpers 1 sowie parallel zur Torsionsachse 4 des Körpers 1 angeordnet und sendet ebene, gefächerte Strahlen in Richtung der vier Sensoren 2a, 2b, 2c, 2d. Gemäß Fig. 1 bis 3 ist die Richtung der gefächerten Strahlen parallel zur Oberfläche des Körpers 1; gemäß Fig. 4 ist die Fächerneigung und gemäß Fig. 5 ist die Fächerrichtung der Strahlen nicht mehr parallel zur Oberfläche des Körpers 1.

Gemäß Fig. 6 sind auf dem Körper 1a vier Sensoren 2e, 2f, 2g, 2h und ein Lasersender 3a befestigt. Die Sensoren 2e, 2f, 2g, 2h sind in zwei zur Torsionsachse 4a des Körpers 1a parallelen Ebenen im gleichen Abstand von der Torsionsachse 4a und symmetrisch bezüglich dieser angeordnet. Die in jeder der beiden Ebenen sich befindenden Sensoren 2e, 2f; 2g, 2h bilden jeweils ein Sensorpaar. Der Lasersender 3a ist senkrecht zu der Torsionsachse 4a sowie auf dem rechten Endstück des Körpers 1a angeordnet und sendet ebene, gefächerte Strahlen in Richtung der vier Sensoren 2e, 2f, 2g, 2h.

Gemäß Fig. 7 sind auf dem gabelförmigen Körper 1b vier Sensoren 2i, 2j, 2k, 2l und ein Lasersender 3b befestigt. Die Sensoren 2i, 2j, 2k, 2l sind in zwei verschiedenen zur Torsionsachse 4b des Körpers 1b senkrechten Ebenen angeordnet. Die beiden Sensoren 2i, 2j; 2k, 2l, die jeweils in einer der Ebene liegen, weisen untereinander einen gleichen Abstand von der Torsionsachse 4b auf und

bilden ein Sensorpaar. Der Lasersender 3b ist auf dem linken Endstück des Körpers 1b sowie parallel zur Torsionsachse 4b des Körpers 1b angeordnet und sendet ebene, gefächerte Strahlen in Richtung der vier Sensoren 2i, 2j, 2k, 2l.

Gemäß Fig. 8 sind die Ausgänge der Sensorpaare mit jeweils einem Differenzwertbildner 5ab, 5cd verbunden. Jeder dieser zwei Differenzwertbildner 5ab, 5cd ermittelt aus den von den zugehörigen Sensoren 2a, 2b; 2c, 2d; 2e, 2f; 2g, 2h gelieferten digitalen oder analogen Meßsignalen die Differenz der jeweils maßgebenden zwei Signale, wobei bei Differenzgleichheit keine Torsion vorliegt. Bei den Differenzwertbildnern 5ab, 5cd ist ein weiterer Differenzwertbildner 6, 6a nachgeschaltet, der die Torsionskraft als Istwert liefert.

In Fig. 9 ist gegenüber dem Blockschaltplan gemäß Fig. 7 lediglich ein Korrekturglied 5l zusätzlich eingesetzt. Das Korrekturglied 5l ist zwischen dem mit den in Fig. 7 mit 2i und 2j bezeichneten Sensoren in Verbindung stehenden Differenzwertbildner 5ij und dem den Istwert liefernden Differenzwertbildner 6b geschaltet. Das Korrekturglied 5l ist ein Festwertmultiplizierer. Der Festwertfaktor des Festwertmultiplizierers ist durch die Abstände der Sensoren 2i, 2j; 2k, 2l bestimmt, die jeweils in einer der Ebenen gemäß Fig. 7 liegen. Die mit 2i und 2j bezeichneten Sensoren besitzen den mit  $l_{ij}$  bezeichneten Abstand und die mit 2k und 2l bezeichneten Sensoren den mit  $l_{kl}$  bezeichneten Abstand. Der Wert des Abstandes  $l_{kl}$  wird durch den Wert des Abstandes  $l_{ij}$  dividiert. Der Wert der Division ist der Festwertfaktor. Dadurch liefert das Korrekturglied 5l einen Signalwert, das die mit 2i und 2j bezeichneten Sensoren liefern würden, wenn sie im Abstand von  $l_{kl}$  - in ihrer ursprünglichen Ebene - angeordnet wären.

In Fig. 10 ist ein Sensor 2e; 2f, 2g, 2h, 2i, 2k, 2j, 2l, 2m, 2n, 2o, 2p dargestellt, der senkrecht auf dem Körper 1 befestigt ist und der mit zwei zueinander parallelen Reihen von kreisförmigen Sensorelementen 7a, 7b ausgestattet ist, wobei die Sensorelemente 7a, 7b in vertikaler Richtung untereinander gleiche Abstände aufweisen und die Sensorelemente 7a der einen Reihe gegenüber den Sensorelementen 7b der anderen Reihe so versetzt sind, daß jeweils ein Sensorelement 7a der einen Reihe sich mit jeweils zwei Sensorelementen 7b der anderen Reihe mit einem Drittel ihrer Meßflächen in horizontaler Richtung meßtechnisch überlappen.

Der Sensor ist außerdem mit einer Codiereinrichtung 8a; 8b, 8c, 8d, z.B. Widerstandsmatrix, ausgestattet, wodurch bei Ansteuerung eines entsprechenden Sensorelements 7a; 7b bzw. von zwei entsprechenden Sensorelementen 7a, 7b die Codiereinrichtung 8a; 8b, 8c, 8d ein entsprechendes Signal bestimmter Höhe liefert. Wandert z.B. der in waagerechter Richtung gefächerte Laserstrahl von dem Körper 1 in vertikaler Richtung nach oben, so entstehen folgende Signale am Ausgang der Codiereinrichtung 8a; 8b, 8c, 8d: Gemäß Fig. 7 wird das in der linken Reihe dargestellte unterste Sensorelement 7a angesteuert; die Codiereinrichtung 8a; 8b, 8c, 8d liefert beispielsweise ein Signal mit dem Wert 1; wandert der Laserstrahl etwas weiter nach oben, so wird das vorgenannte Sensorelement 7a und das unterste der in der rechten Reihe dargestellten Sensorelemente 7b gleichzeitig angesteuert, hierbei liefert die Codiereinrichtung 8a; 8b, 8c, 8d ein Signal mit dem Wert 2; wandert der Laserstrahl noch etwas weiter, so wird nur noch das letztgenannte Sensorelement 7b angesteuert und die Codiereinrichtung 8a; 8b, 8c, 8d liefert ein Signal mit dem Wert 3.



Die Signalzustände für alle Betriebszustände sind in Fig. 7 durch gestrichelte Linien dargestellt, wobei das größte Signal beispielsweise den Wert 37 besitzt.

Gemäß Fig. 11 und 12 ist die Torsionsmeßeinrichtung an einem mit einer Pendelstütze 9 und einer Feststütze 10 ausgestatteten Laufkran 11 befestigt, wobei die Sensoren 2m, 2n, 2o, 2p sowie der Lasersender 3c an der Feststütze 10 angeordnet sind bzw. ist. Dabei ist der Lasersender 3c am oberen Ende sowie in Richtung der Torsionsachse 4c der Feststütze 10 an der Feststütze 10 befestigt und sendet einen gefächerten Strahl senkrecht nach unten. Die Sensoren 2m, 2n, 2o, 2p sind im gleichen Abstand von der Torsionsachse 4c angeordnet, wobei zwei der Sensoren 2m, 2n am unteren Ende der Feststütze 10 und die zwei anderen Sensoren 2o, 2p etwa in halber Höhe der Feststütze 10 an dieser mit nach oben weisenden Meßflächen befestigt sind. Die Meßrichtung der Sensoren 2m, 2n, 2o, 2p ist hierbei jeweils rechtwinklig zur Torsionsachse 4c. Die jeweils zwei einander, bezüglich der Torsionsachse 4c symmetrisch gegenüberliegenden Sensoren 2m, 2n; 2o; 2p bilden ein Sensorpaar.

Gemäß Fig. 13 ist die Torsionsmeßeinrichtung Bestandteil einer Regeleinrichtung zur Geradlaufsicherung des Laufkrans 11. Den Codiereinrichtungen 8a, 8b, 8c, 8d der beiden Sensorpaare ist - wie vorher beschrieben - jeweils ein Differenzwertbildner 5mn, 5op und diesen beiden Differenzwertbildnern 5mn, 5op ist ein weiterer Differenzwertbildner 6c nachgeschaltet, der ein der Torsionskraft entsprechendes digitales Signal mit bestimmter Höhe als Istwert liefert. Außerdem sind die Codiereinrichtungen 8a, 8b, 8c, 8d und ist der Ausgang

des den Istwert liefernden Differenzwertbildners 6c mit einer Sicherheitseinrichtung 12 verbunden, die die über die Codiereinrichtungen 8a, 8b, 8c, 8d gelieferten Signale und das gelieferte Istwertsignal in Hinsicht auf Fehler untersucht, die beispielsweise bei Auftreten eines Defekts bei einem Bauteil der Regeleinrichtung auftreten können, und die dann, wenn der Fehler einen bestimmten Schwellwert erreicht, die zum Verfahren des Laufkrans 11 dienenden Antrieb stillsetzt.

- 10 Besitzt der Laufkran 11 eine Pendelstütze 9, die während des Betriebes mit dem Brückenträger 13 starr verbunden ist, so kann die Torsionsmessung an der Pendelstütze 9 erfolgen.

Die Torsionsmeßeinrichtung arbeitet wie folgt: In der Ausgangslage ist der Körper 1; 1a, 1b, 10 torsionsfrei und der Lasersender 3 sendet gefächerte Strahlen in Richtung der Sensoren 2a, 2b, 2c, 2d; 2e, 2f, 2g, 2h; 2i, 2j, 2k, 2l; 2m, 2n, 2o, 2p, wobei diese Strahlen in halber Höhe der jeweiligen Meßfläche jedes Sensors auf diese auftreffen. Die auf die Sensoren 2a, 2b, 2c, 2d; 2e, 2f, 2g, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2m, 2n, 2o, 2p auftreffenden Strahlen erzeugen jeweils mittels des jeweils maßgebenden Sensorelements (7a; 7b) bzw. der Sensorelemente (7a, 7b) ein entsprechendes Signal, wodurch die jeweilige Auftreffstelle gekennzeichnet wird. Die beiden den jeweiligen Sensoren 2a, 2b; 2c, 2d; 2e, 2f; 2g, 2h; (2i, 2j; 2k, 2l); 2m, 2n; 2o, 2p zugeordneten Differenzwertbildnern 5ab (5ij), 5cd (5kl) ermitteln die Differenz der von dem maßgebenden Sensorpaar gelieferten Signale, wobei das Signal des Sensors, der in Fig. 2 mit 2b bezeichnet ist, von dem Signal des Sensors, der mit 2a bezeichnet ist, subtrahiert und das Signal des Sensors, der mit 2d bezeichnet ist, von dem Signal des Sensors, der mit 2c bezeichnet ist, subtrahiert wird. Für den Fall, daß keine Torsion

vorliegt, ist die Differenz zwischen den Eingangssignalen beider Differenzwertbildner 5ab, 5cd Null und diese Differenzwertbildner 5ab, 5cd geben kein Signal ab, wodurch auch der den Istwert liefernde Differenzwertbildner 6; 6a, 10 kein Signal abgibt.

Wenn sich beispielsweise der Lasersender 3 verstellt und sich die Fächerneigung der Strahlen verstellt, so geben die beiden Differenzwertbildner 5ab, 5cd jeweils ein entsprechendes Signal gleicher Größe ab, wodurch  
10 der den Istwert liefernde Differenzwertbildner 6, der die Differenz seiner Eingangssignale ermittelt, wiederum kein Ausgangssignal abgibt. Verstellt sich der Lasersender 3 beispielsweise in horizontaler Richtung, wodurch sich die Fächerneigung der Strahlen verstellt,  
15 so sind die Eingangssignale der beiden Differenzwertbildner 5ab, 5cd jeweils untereinander gleich groß, wodurch diese kein Ausgangssignal liefern und der Istwert wiederum den Wert Null besitzt.

Wird nun der in Fig. 1 bis 3 dargestellte Körper 1 etwas  
20 um seine Torsionsachse 4 ausgelenkt, so werden die Sensoren 2a, 2b, 2c, 2d aus ihrer ursprünglichen Lage zum Lasersender 3 bewegt und geben jeweils ein entsprechendes Signal ab, wobei der mit 2a bezeichnete Sensor und der mit 2b bezeichnete Sensor jeweils ein Signal mit einer bestimmten Höhe entsprechend der Lageabweichung von  
25 der Horizontalen und der mit 2c bezeichnete Sensor und der mit 2d bezeichnete Sensor jeweils ein Signal mit einer anderen bestimmten Höhe, entsprechend der Lageabweichung der beiden letztgenannten Sensoren 2c, 2d von  
30 der Horizontalen, abgeben. Die Differenzwertbildner 5ab, 5cd bilden nun die Differenz und geben jeweils ein ent-

sprechendes Signal ab. Der den Istwert liefernde Differenzwertbildner 6 bildet nun die Differenz aus den zwei gelieferten Signalen und gibt ein Ausgangssignal ab, das proportional zur Größe der Torsionskraft ist.

- 5 Verstellt sich beispielsweise der Lasersender 3 und somit auch die Fächerneigung oder die Fächerrichtung der Strahlen, so wird es mittels der drei Differenzwertbildner 5ab, 5cd, 6 - wie vorher beschrieben - auch ermöglicht, die Größe und Richtung der Torsionskraft zu er-
- 10 mitteln, wobei der Istwert auch proportional zur Größe der Torsionskraft ist.

- Ist die Torsionsmeßeinrichtung als Bestandteil der Regleinrichtung zur Geradlaufsicherung des Laufkrans 11 eingesetzt, so arbeitet die Regeleinrichtung wie folgt: Wird
- 15 der Laufkran 11 mittels seiner Antriebsmotoren, z.B. fremderregte Gleichstrommotoren, mit bestimmter Grunddrehzahl verfahren und die Antriebsmotoren beider Stützen (9, 10) drehen nicht genau zueinander synchron, so wird ein Moment von der Pendelstütze 9 über den Brückenträger 13
- 20 auf die Feststütze 10 übertragen, wodurch die Feststütze 10 etwas verdreht wird. Die Sensoren 2m, 2n, 2o, 2p werden dabei aus ihrer ursprünglichen Lage bewegt und die Torsionsmeßeinrichtung liefert ein Signal, das proportional zur herrschenden Torsionskraft ist. Dieses Signal ge-
- 25 langt in das Antriebssystem des Laufkrans 11 und beeinflusst beispielsweise die für die Pendelstütze 9 dienenden Motoren so, daß die Drehzahl dieser Motoren entsprechend verändert wird, wodurch das von der Pendelstütze 9 auf die Feststütze wirkende Moment einen bestimmten kleinen Wert
- 30 nicht überschreitet und die Feststütze daher nahezu torsionsfrei bleibt.

- 19 -  
Leerseite

2839531

FIG.1

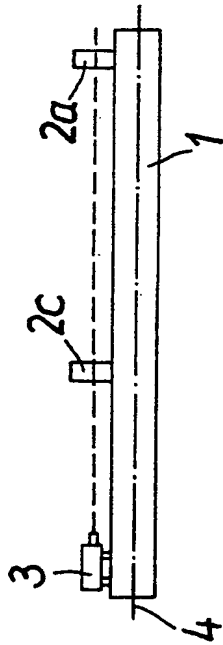


FIG.2

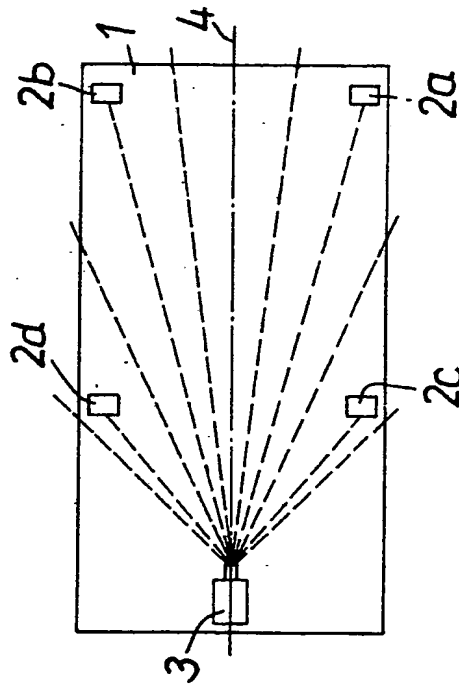


FIG.3

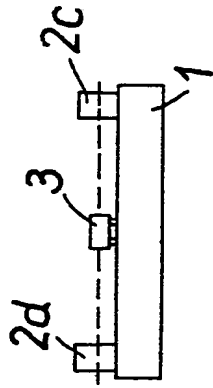


FIG.4

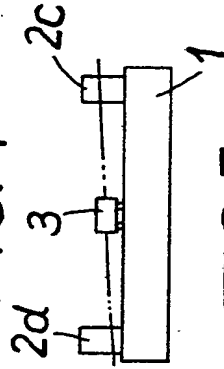
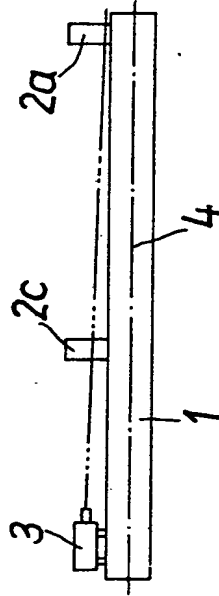


FIG.5



030012/0421

FIG. 6

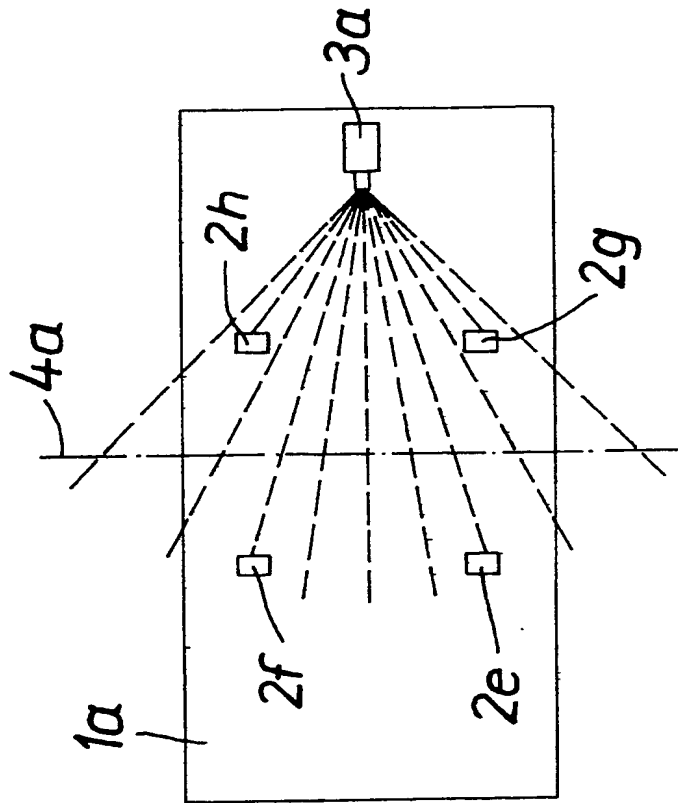


FIG. 8

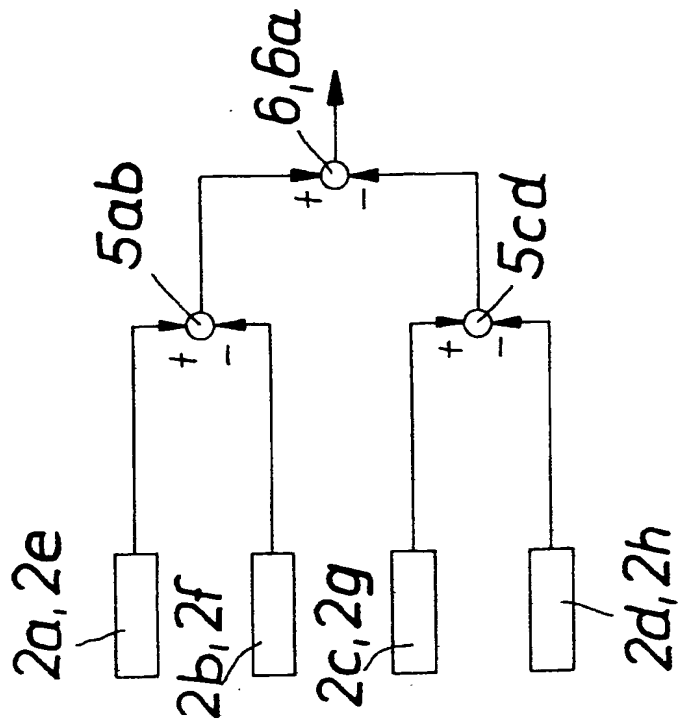


FIG. 9

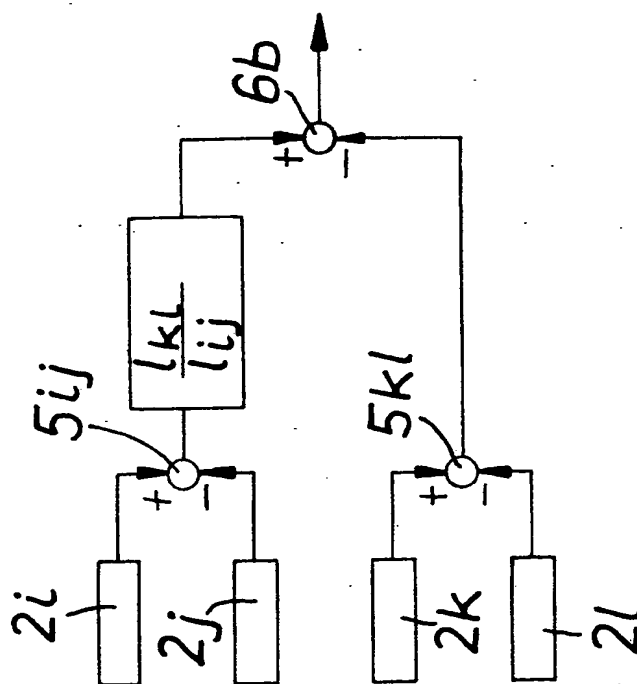


FIG. 7

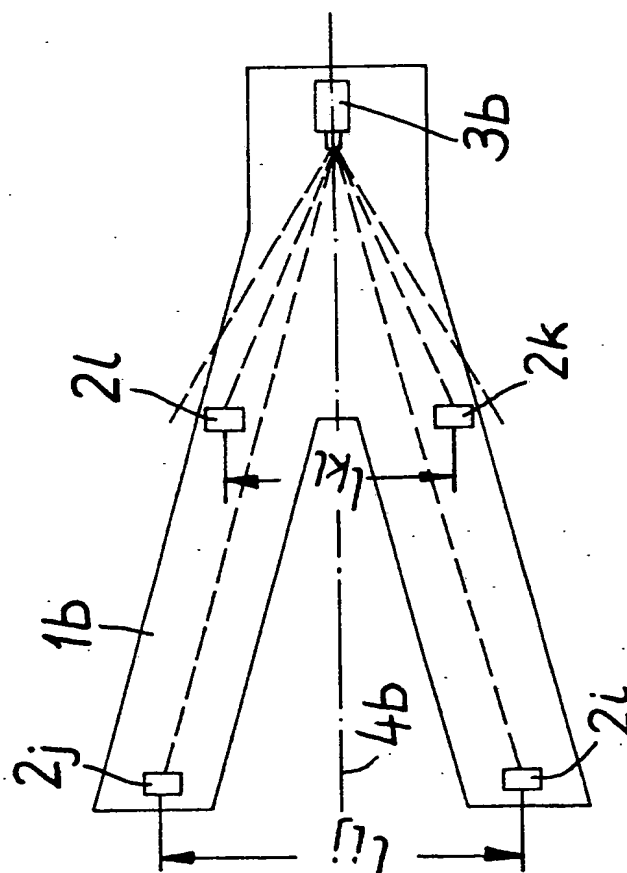




FIG. 10

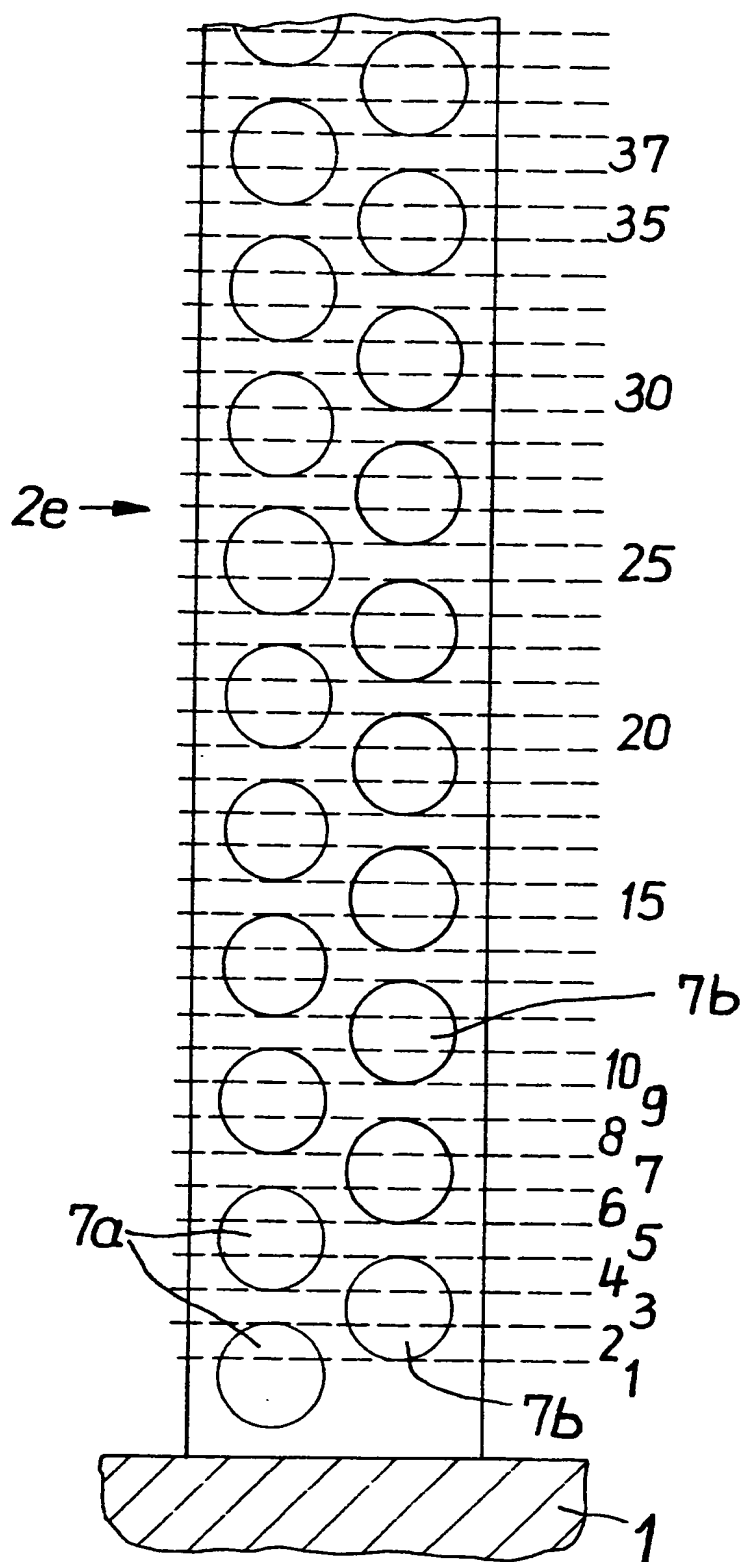


FIG.12

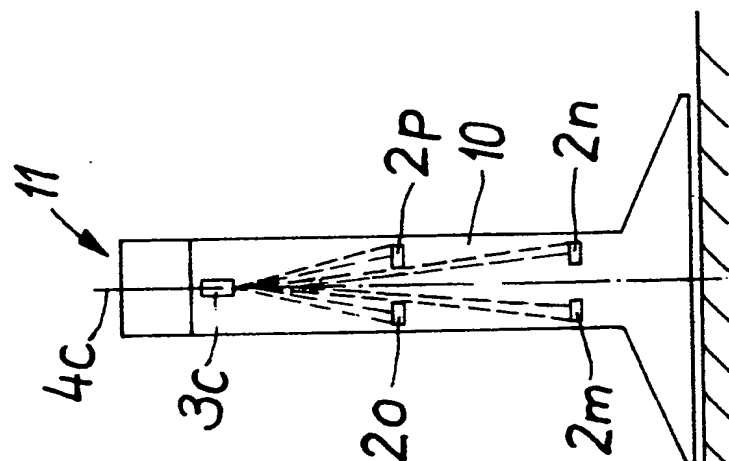
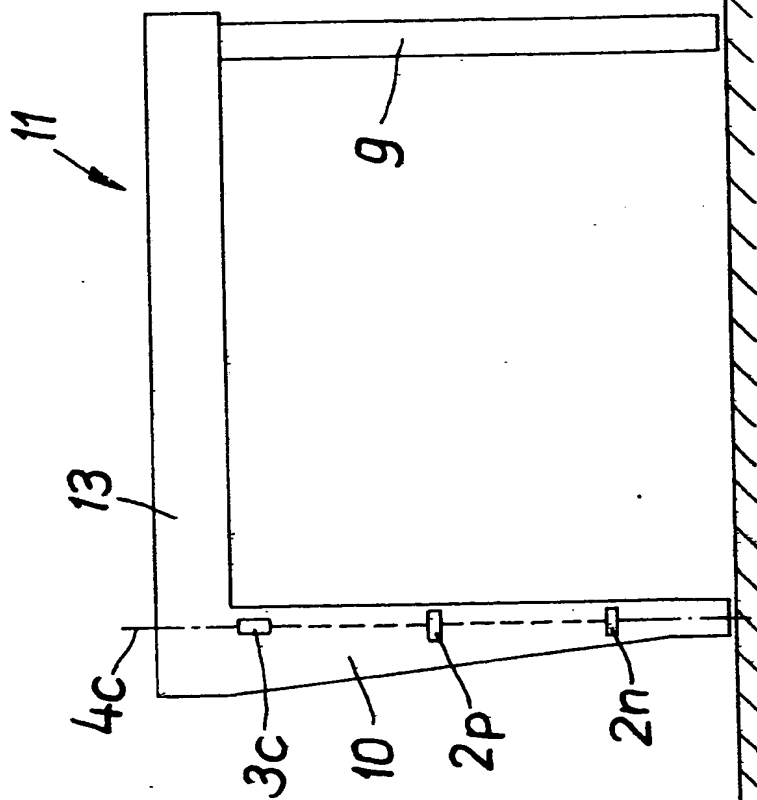


FIG.11





[Translation from German]

DE 2,839,531 A1

(19) **FEDERAL REPUBLIC OF GERMANY  
GERMAN PATENT OFFICE**

(51) Intl. Cl.<sup>2</sup>:

**G 01 L 3/02**

G 01 L 5/00

B 66 C 15/00

(11) **Letters of Disclosure 2,839,531**

(21) Serial No.: P 28 39 531.5

(22) Appl'n. date: 11 September 1978

(43) Discl. date: 20 March 1980

(30) Priority:

(32) (33) (31)

---

(54) Title: TORSION MEASURING MEANS

(71) Applicant: Fried. Krupp GmbH, 4300 Essen

(72) Inventor: Rolf Bohlken, 2940 Wilhelmshaven

---

### Claims

1. Measuring means for detection of torsional forces acting on a body, characterized in that at least one maser, in particular a laser or an iraser, and at least two sensors (2) are provided, said sensors (2) being so arranged on the body (1) that they are moved out of their original location relative to the transmitter (3) by a twisting of the body (1).

2. Torsion measuring means according to claim 1, characterized in that four sensors (2a, 2b, 2c, 2d; 2m, 2n, 2o, 2p) are provided, arranged in two planes perpendicular to the axis of torsion (4; 4c) of the body (1; 10) and equidistant from the axis of torsion (4; 4c) of the body (1; 10), in each instance two sensors (2a, 2b; 2c, 2d; 2m, 2n; 2o, 2p) symmetrically opposed to each other with respect to the axis of torsion (4; 4c) forming a pair of sensors, and in that a laser transmitter (3; 3c) is provided, arranged as close as possible at or in the axis of torsion (4; 4c) and emits plane fanned beams.

3. Torsion measuring means according to claim 1, characterized in that four sensors (2e, 2f, 2g, 2h) are provided, arranged in two planes parallel to the axis of torsion (4a) of the body (1a), equidistant from the axis of torsion (4a) and symmetrical with respect to the latter on the body (1a), in each instance two sensors (2e, 2f; 2g, 2h) forming a pair of sensors, and in that a laser transmitter (3a) is provided, emitting plane, fanned beams.

4. Torsion measuring means according to claim 1, characterized in that four sensors (2i, 2j, 2k, 2l) are provided, arranged in two different planes perpendicular to the axis of torsion (4b) of the body (1b) on the latter, in each instance the sensors (2i, 2j; 2k, 2l) in the same plane being equidistant from the axis of torsion (4b) and forming a pair of sensors, in that a laser transmitter (3b) is provided, arranged as close as possible on or in the axis of torsion (4b) and emitting plane, fanned beams, and in that one of the pairs of sensors (2i, 2j; 2k, 2l) is made to follow a correction element (51) that multiplies the measurement signal delivered by a sensor distance difference factor.

5. Torsion measuring means according to claim 2 or 3, characterized in that the two pairs of sensors are each connected to a difference former (5ab, 5cd; 5ef, 5gh) and these two difference formers (5ab, 5cd; 5ef, 5gh) to an additional difference former (6; 6a) that yields exclusively the magnitude of the torsional force as actual value.

6. Torsion measuring means according to any of claims 2 to 5, characterized in that each sensor (2a, 2b, 2c, 2d; 2e, 2f, 2g, 2h; 2i, 2j, 2k, 2l; 2m, 2n, 2o, 2p) is equipped with a plurality of sensor elements (7a, 7b) and a coding means (8a, 8b, 8c, 8d) for distinguishing its signals.

7. Torsion measuring means according to claim 6, characterized in that the measuring surfaces of the sensor elements (7a, 7b) are circular and so arranged in their direction of motion in a twisting of the body (1, 1a, 1b; 10) that always at least one of the sensor elements (7a, 7b) of each sensor (2a, 2b, 2c, 2d; 2e, 2f, 2g, 2h; 2i, 2j, 2k, 2l; 2m, 2n, 2o, 2p) is struck by the beams in a measuring operation.

8. Torsion measuring means according to claim 7, characterized in that, as actual value transmitter, it is a constituent of a regulating means that evaluates the measured torsional force to form the setting variable effecting a back-twisting of the body (1, 1a, 1b; 10), so that the actual twisting of the body (1, 1a, 1b; 10) shall not exceed a certain small value.

9. Regulating means to secure straight travel of a traveling crane equipped with a fixed support and a pendulum support, according to claim 8, characterized in that the four sensors (2m, 2n, 2o, 2p) for determining the torsional forces acting on the fixed support (10) are attached to the fixed support (10), two of the sensors (2m, 2n) being arranged on the bottom end piece of the fixed support (10) and the other two sensors

(2o, 2p) more or less at half-height of the fixed support (10), in that the laser transmitter (3c) is arranged on the upper end piece of the fixed support (10), and in that the drive serving to propel the pendulum support (9) is so controlled by means of the sensors (2m, 2n, 2o, 2p) that the torsional forces exerted by the pendulum support (9) on the fixed support (10) shall not exceed a predetermined small value.

10. Regulating means to secure straight travel of a traveling crane, according to claim 9, characterized in that a safety means (12) is provided, connected on the input side to the sensors (2m, 2n, 2o, 2p) and to the output of the difference former (6c) delivering the actual value, which examines the delivered signals for errors, and then, if a logic error is present or if a certain threshold is exceeded, stops the drive.

FRIED. KRUPP GMBH in Essen

## TORSION MEASURING MEANS

The invention relates to a measuring means for detecting torsional forces acting on a body.

It is known that to measure torsional forces acting on a body, a laser may be employed as radiation source, a radiation detector as radiation receiver, and a reflector, the radiation source and the radiation detector being stationary, and the reflector fixed to the body. The reflector, in a twisting of the body, will be moved out of its original position, so that the distance from radiation source to reflector and reflector to radiation detector varies, thereby also varying the transit time of the laser beam emitted by the laser. This transit time is determined by the radiation detector coupled to the radiation source and serves as a measure of the torsional force. A disadvantage here is that a costly, expensive radiation detector must be employed. Furthermore, upon occurrence of bending stresses acting on the body for example, and consequent additional distance variations, the current actual torsional forces are no longer accurately determined.

Further, it is known that to measure the forces a laser may be employed as radiation source and a quadrant detector as radiation receiver, the radiation source being stationary and the quadrant detector fastened to the body.

Here the quadrant detector, upon a change of position, determines the displacements relative to the radiation source transverse to the connecting line between the latter and the quadrant detector. A disadvantage here is that a costly, expensive quadrant detector must be employed, and that the torsional force can hardly be



determined with simultaneous occurrence of bending stresses acting on the body, and if it could, then a costly electronic circuit would have to be employed. Further, if for example the body is expanded by heat, and therefore the distance between radiation source and quadrant detector varies, the torsional force, since the original angular position between laser beam and quadrant detector varies, can no longer be accurately determined.

The object of the invention is to create a torsion measuring means that need only be built up with simple commercially available devices, and is able to determine the torsional force without major instrumental outlay.

This object is accomplished according to the invention in that in a torsion measuring means of the kind initially mentioned, a maser, in particular a laser or iraser, and at least two sensors, are provided, the sensors being so arranged on the body that a twisting of the body moves them out of their original position in relation to the transmitter. In particular, this has the result that an exact measurement of the torsional force for all operating conditions is made possible.

It is of advantage if four sensors are provided, arranged in two planes perpendicular to the axis of torsion of the body and equidistant from the axis of torsion at the body, in each instance two sensors opposed to each other symmetrically with respect to the axis of torsion form a pair of sensors, and in that a laser transmitter is provided, arranged as close as possible at or in the axis of torsion and emitting plane, fanned beams, for commercially available sensors can be employed, and any vibration of the body cannot lead to any falsified torsion measurements.

It is of advantage also if four sensors are provided, arranged in two planes parallel to the axis of torsion of the body, equidistant from the axis of torsion and symmetrical with respect thereto at the body, in each instance two sensors forming a pair of sensors, and for a laser transmitter to be provided, emitting plane, fanned beams, for the torsional forces acting for example on a body having a short axis of torsion can be determined accurately.

Furthermore, it is also of advantage if four sensors are provided, arranged thereon in two different planes perpendicular to the axis of torsion, in each instance two sensors in the same plane equidistant from the axis of torsion and forming a pair of sensors, if a laser transmitter is provided arranged as close as possible at or in the axis of torsion and emitting flat, fanned beams, and if a correction element follows one of the pairs of sensors, multiplying the delivered measurement signal by a sensor distance difference factor, for the torsional forces acting for example on a three-star shaped body can readily be determined.

Expediently, the two pairs of sensors are each connected to a difference former, and these two difference formers to an additional difference former exclusively yielding the magnitude of the torsional force as actual value. Thus, by simple means, it is brought about that if for example the laser transmitter shifts and therefore the fanning tendency of the beams varies, the torsional force can be determined as well.

For accurate determination of position of each sensor by the governing sensor and for accurate measurement of the currently governing torsional force, each sensor is equipped with several sensor elements and a coding means for distinguishing their signals. Through the coding means, an arrangement of the position of the current

sensor and the results of measurements delivered in each instance are fixed in simple manner.

It is advantageous also if the measuring surfaces of the sensor elements are circular and so arranged in direction of their motion upon a twisting of the body that always at least one of the sensor elements of each sensor is struck in a measuring operation of the beams, for commercially available sensors may be employed, and any instrumental flaw occurring at one of the sensors can readily be identified.

In another step of the present invention, it is proposed that the torsion measuring means be employed as actual-value transmitter in a regulating means, the regulating means evaluating the measured torsional force to form the setting variable and effecting a back-rotation of the body, so that the actual twisting of the body does not exceed a certain small value. This ensures, for example, that the body is not overloaded by torsional forces.

In another step of the present invention, the regulating means is employed to ensure straight travel for a traveling crane equipped with a fixed support and a pendulum support, in which the four sensors for determining the torsional forces acting on the fixed support are fastened to the fixed support, two of the sensors at the bottom end piece of the fixed support and the other two sensors more or less at half-height of the fixed support, and the laser transmitter being arranged on the upper end piece of the fixed support, and the drive serving to propel the pendulum support being so controlled by the sensors that the torsional forces acting from the pendulum support on the fixed support shall not exceed a certain small value. This ensures that deflections of the fixed support, possibly produced for example by accelerations of travelers on the bridge beam

or accelerations of the traveling crane or heating of the fixed support, will not lead to any falsified torsion measurements, thus securing synchronization and preventing wear on the wheels, especially even if the pendulum support happens to be connected to the bridge beam at different points.

It is expedient here that a safety means be provided, connected on the input side to the sensors and to the output of the difference former yielding the actual value and examining the delivered signals for errors, and then, if a logic error is present or if a certain threshold is exceeded, stops the drive, for this will for example leave the fixed support almost torsion-free even if a measurement or signal processing error occurs.

Several embodiments of the invention by way of example are represented in the drawing, and described in more detail in the following.

In the drawing,

Figs. 1 to 3 show a torsion measuring means arranged on a rectangular prism

equipped with a laser transmitter emitting the fanned beams and four

sensors, in front view (Fig. 1), top view (Fig. 2) and side view (Fig. 3),

Fig. 4 shows a side view of the torsion measuring means, the laser transmitter

being so shifted that the fanning tendency of the beams is no longer

parallel to the horizontal,

Fig. 5 shows a front view of the torsion measuring means, the laser transmitter

being so shifted that the direction of fanning of the beams is no longer

parallel to the horizontal,

Fig. 6 shows a body having a short axis of torsion in top view with the

instrumentation of the torsion measuring means,

Fig. 7 shows a fork-shaped body in top view with the arrangement of the instruments of the torsion measuring means,

Fig. 8 shows a block diagram of the torsion measuring means according to Figs. 1 to 6,

Fig. 9 shows a block diagram of the torsion measuring means according to Fig. 7,

Fig. 10 shows a sensor equipped with sensor elements in front view,

Figs. 11 and 12 show the instrumental arrangement of the torsion measuring means for a traveling crane schematically represented in front view and in side view respectively, and

Fig. 13 shows a block diagram of a regulating means for ensuring straight travel of the traveling crane.

According to Figs. 1 to 5, four sensors 2a, 2b, 2c, 2d and a laser transmitter 3 are attached to the body 1. The sensors 2a, 2b, 2c, 2d are equidistant from the axis of torsion 4 of the body 1, indicated by a dot-dashed line in each of Figs. 1, 2 and 5, two of the sensors 2a, 2b being arranged according to Fig. 2 on the right-hand end piece and equidistant from the right-hand outside edge of the body 1, and the other two sensors 2c, 2d about a third of the way from the left-hand outside edge of the body 1 thereon. The sensors 2a, 2b; 2c, 2d, opposed to each other symmetrically with respect to the axis of torsion 4, in each instance form a pair of sensors. The laser transmitter 3 in Fig. 2 is arranged on the left-hand end piece of the body 1 and parallel to the axis of torsion 4 of the body 1, and transmits plane, fanned beams towards the four sensors 2a, 2b, 2c, 2d.

According to Figs. 1 to 3, the direction of the fanned beams is parallel to the surface of the body 1; according to Fig. 4, the fan inclination, and according to Fig. 5, the fan direction of the beams is no longer parallel to the surface of the body 1.

According to Fig. 6, four sensors 2e, 2f, 2g, 2h and a laser transmitter 3a are fastened to the body 1a. The sensors 2e, 2f, 2g, 2h are arranged in two planes parallel to the axis of torsion 4a of the body 1a and symmetrically with respect to the latter. The sensors 2e, 2f; 2g, 2h to be found in each of the two planes in each instance form a pair of sensors. The laser transmitter 3a is arranged perpendicular to the axis of torsion 4a and on the right-hand end piece of the body 1a, and transmits plane, fanned beams towards the four sensors 2e, 2f, 2g, 2h.

According to Fig. 7, four sensors 2i, 2j, 2k, 2l and a laser transmitter 3b are fastened to the fork-shaped body 1b. The sensors 2i, 2j, 2k, 2l are arranged in two different planes perpendicular to the axis of torsion 4b of the body 1b. The two sensors 2i, 2j; 2k, 2l, in each instance lying in one of the planes, among themselves show equal distances from the axis of torsion 4b and form a pair of sensors. The laser transmitter 3b is arranged on the left-hand end piece of the body 1b and parallel to the axis of torsion 4b of the body 1b, and transmits plane, fanned beams towards the four sensors 2i, 2j, 2k, 2l.

According to Fig. 8, the outputs of the sensor pairs are each connected to a difference former 5ab, 5cd. Each of these two difference former 5ab, 5cd determines, out of the digital or analog test signals delivered by the corresponding sensors 2a, 2b; 2c, 2d; 2e, 2f; 2g, 2h, the difference of the currently governing two signals, no torsion

being present if the differences are equal. The difference formers 5ab, 5cd are followed by another difference former 6, 6a yielding the torsional force as actual value.

In Fig. 9, relative to the block diagram of Fig. 7, only a correction element 51 is additionally employed. The correction element 51 is interposed between the difference former 5ij connected to the sensors designated 2i and 2j in Fig. 7 and the difference former 6b delivering the actual value. The correction element 51 is a fixed value multiplier. The fixed value factor of the fixed value multiplier is determined by the distances of the sensors 2i, 2j; 2k, 2l, in each instance lying in one of the planes of Fig. 7. The sensors designated 2i and 2j are at the distance designated  $l_{ij}$ , and the sensors designated 2k and 2l at the distance designated  $l_{kl}$ . The value of the distance  $l_{kl}$  is divided by the value of the distance  $l_{ij}$ . The value of the division is the fixed value factor. Hence, the correction element 51 yields a signal value that the sensors designated 2i and 2j would deliver if they were arranged at a distance  $l_{kl}$  in their original plane.

Fig. 10 represents a sensor 2e; 2f, 2g, 2h, 2i, 2k, 2j, 2l, 2m, 2n, 2o, 2p fixed perpendicular to the body 1 and equipped with two rows, parallel to each other, of circular sensor elements 7a, 7b, the sensor elements 7a, 7b being equidistant from each other, and the sensor elements 7a of one row being so offset from the sensor elements 7b of the other row that in each instance one sensor element 7a of one row overlap(s) in each instance with two sensor elements 7b of the other row by one-third of their measured area in horizontal direction.

The sensor is moreover equipped with a coding means 8a; 8b, 8c, 8d, for example a resistance matrix, where upon triggering of a corresponding sensor element 7a; 7b, or of two corresponding sensor elements 7a, 7b, the coding means 8a; 8b, 8c,

8d delivers a corresponding signal of a certain height. If, for example, the laser beam fanned in horizontal direction migrates from the body 1 in vertical direction upward, then the following signals appear at the output of the coding means 8a; 8b, 8c, 8d: according to Fig. 7, the lowermost sensor element 7a represented in the left-hand row is triggered; the coding means 8a; 8b, 8c, 8d delivers for example a signal having the value 1; if the laser beam migrates a little farther upward, the aforementioned sensor element 7a and the lowermost of the sensor elements 7b represented in the right-hand row are simultaneously triggered and the coding means 8a; 8b, 8c, 8d delivers a signal having the value 2; if the laser beam migrates a little further still, only the last-mentioned sensor element 7b is triggered, and the coding means 8a; 8b, 8c, 8d delivers a signal having the value 3.

The signal conditions for all operating conditions are represented by dashed lines in Fig. 7, the greatest signal for example having the value 37.

According to Figs. 11 and 12, the torsion measuring means is fastened to a traveling frame 11 equipped with a pendulum support 9 and a fixed support 10, the sensors 2m, 2n, 2o, 2p and the laser transmitter 3c being arranged on the fixed support 10. Here the laser transmitter 3c is fastened to the fixed support 10 at the upper end and in the direction of the axis of torsion 4c of the fixed support 10, and emits a fanned beam perpendicularly downward. The sensors 2m, 2n, 2o, 2p are arranged equidistant from the axis of torsion 4c, two of the sensors 2m, 2n being fastened to the bottom end of the fixed support 10 and the other two sensors 2o, 2p more or less at half-height of the fixed support 10 with measuring areas pointing upward. The direction of measurement of the sensors 2m, 2n, 2o, 2p is here in each instance at right angles to



the axis of torsion 4c. The two sensors 2m, 2n; 2o; 2p, in each instance symmetrically opposed with respect to the axis of torsion 4c, form a pair of sensors.

According to Fig. 13, the torsion measuring means is a constituent part of a regulating means to secure straight travel of the traveling crane 11. The coding means 8a, 8b, 8c, 8d of the two pairs of sensors — as previously described — are each followed by a difference former 5mn, 5op and these two difference formers by an additional difference former 6c, delivering a digital signal of definite height as actual value corresponding to the torsional force. Besides, the coding means 8a, 8b, 8c, 8d and the output of the difference former 6c delivering the actual value are connected to a safety means 12 that examines the signals delivered by way of the coding means 8a, 8b, 8c, 8d and the delivered actual value signal for errors, which for example may occur when there is a defect in a component of the regulating means, and which then, if the error attains a certain threshold value, stops the drive serving to propel the traveling crane 11.

If the traveling crane 11 has a pendulum support 9 rigidly connected to the bridge beam 13 during operation, the measurement of torsion may be taken at the pendulum support 9.

The torsion measuring means operates as follows: In the starting position, the body 1; 1a, 1b, 10 is torsion-free and the laser transmitter 3 transmits fanned beams towards the sensors 2a, 2b, 2c, 2d; 2e, 2f, 2g, 2h; 2i, 2j, 2k, 2l; 2m, 2n, 2o, 2p, these beams striking the sensors at half-height of the current measuring area of each. These beams striking the sensors 2a, 2b, 2c, 2d; 2e, 2f, 2g, 2h, 2i, 2j, 2k, 2l, 2m, 2n, 2o, 2p each generates by means of the currently governing sensor element (7a; 7b), or of the

sensor elements (7a, 7b), a corresponding signal characterizing the current point of impact. The two difference formers 5ab (5ij), 5cd (5kl) associated with the current sensors 2a, 2b; 2c, 2d; 2e, 2f; 2g, 2h; (2i, 2j; 2k, 2l); 2m, 2n; 2o, 2p determine the difference from the signal delivered by the controlling pair of sensors, the signal of the sensor designated 2b in Fig. 2 being subtracted from the signal of the sensor designated 2a, and the signal of the sensor designated 2d being subtracted from the signal of the sensor designated 2c. In the case where there is no torsion, the difference between the input signals of the two difference formers 5ab, 5cd is zero, and these difference formers 5ab, 5cd yield no signal, so that the difference former 6; 6a, 10 delivering the actual value does not yield any signal either.

If, for example, the laser transmitter 3 shifts and the fan inclination of the beam shifts, then the two difference formers 5ab, 5cd each emit a corresponding signal of equal magnitude, so that the difference former 6 yielding the actual value, which determines the difference of its input signals, again emits no output signal. If, for example, the laser transmitter 3 shifts in horizontal direction, shifting the fan inclination of the beams, then the input signals of the two difference formers 5ab, 5cd are in each instance equal to each other, so that these yield no output signal, and the actual value again has a value of zero.

Now if the body 1 represented in Figs. 1 to 3 is deflected somewhat about its axis of torsion 4, then the sensors 2a, 2b, 2c, 2d are moved out of their original position relative to the laser transmitter 3 and each emit a corresponding signal, the sensor designated 2a and the sensor designated 2b in each instance emitting a signal having a definite height corresponding to the deviation from the horizontal and the signal

designated 2c and the signal designated 2d in each instance yielding a signal of a different definite height corresponding to the positional deviation of the two last-mentioned sensors 2c, 2d from the horizontal. The difference formers 5ab, 5cd now form the difference and in each instance yield a corresponding signal. The difference former 6 yielding the actual value now forms the difference of the two delivered signals and yields an output signal proportional to the magnitude of the torsional force.

If, for example, the laser transmitter 3 and therefore also the fan inclination or fan direction of the beam shifts, then, by means of the three difference formers 5ab, 5cd, 6 — as previously described — it becomes possible also to measure the magnitude and direction of the torsional force, the actual value being proportional also to the magnitude of the torsional force.

If the torsion measuring means is employed as a constituent part of the regulating means to secure straight travel of the traveling crane 11, then the regulating means operates as follows: If the traveling crane 11 is propelled by means of its drive motor, e.g. externally excited DC motor, at a certain rotational speed, and the drive motors of the two supports (9, 10) do not rotate exactly synchronous with each other, then a torque is transmitted from the pendulum support 9 by way of the bridge beam 13 to the fixed support 10, twisting the fixed support 10 somewhat. The sensors 2m, 2n, 2o, 2p are then moved out of their original position, and the torsion measuring means delivers a signal proportional to the prevailing torsional force. This signal arrives in the drive system of the traveling crane 11 and influences for example the motors serving for the pendulum support 9 so that the speed of these motors is varied correspondingly, and so

that the torque acting from the pendulum support 9 on the fixed support does not exceed a certain small value, and the fixed support therefore remains nearly torsion-free.